BESTIMMUNG
DER KONVERSIONSKOEFFIZIENTEN DES Sb^{121}

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt
von
Klaus Juraschek
aus Jarmen

Göttingen 1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546008_0192

BESTIMMUNG
DER KONVERSIONSKOEFFIZIENTEN DES Sb^{121}

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

UNIV. GÖTTINGEN BIBL.

vorgelegt
von

Klaus Juraschek
aus Jarmen

Göttingen 1976

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

D 7

Referent : Prof. Dr. M. Schumacher
Korreferent: Prof. Dr. A. Flammersfeld
Tag der mündlichen Prüfung: 5. 11. 1976

Inhaltsverzeichnis

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Meßprinzip	3
III.	Aufbau des Elektronenspektrometers	5
IV.	Eichung des Elektronenspektrometers	9
V.	Eichung des Ge(Li) - Gammaspektrometers	17
VI.	Herstellung der Meßpräparate	21
VII.	Auswertung der Elektronenspektren	23
VIII.	Auswertung der Gammaspektren	31
IX.	Diskussion der Ergebnisse	33
X.	Zusammenfassung	39
XI.	Literaturverzeichnis	40

I. Einleitung

Der Zerfall des Te^{121} in das Sb^{121} wurde von einer Anzahl von Autoren untersucht (ND 71). Das endgültige Zerfallschema wurde von Auble (Au 64) und Chu (Ch 68) erstellt. Die von Chu gemessenen Konversionskoeffizienten stimmen gut mit den von Hager und Seltzer (HaSe 68) berechneten Werten für die angenommenen Multipolordnungen überein, bis auf den Übergang mit der Energie $E_\gamma = 65{,}6$keV. Der von Chu gemessene K-Konversionskoeffizient beträgt:

$$\alpha_K = 1{,}02 \qquad \text{und} \quad \frac{K}{L} \leq 6$$

im Gegensatz zu den theoretischen Konversionskoeffizienten von Hager und Seltzer:

$$\alpha_K = 1{,}81 \qquad \text{und} \quad \frac{K}{L} = 7{,}74 \qquad \text{für M1}$$
$$\alpha_K = 4{,}32 \qquad \text{und} \quad \frac{K}{L} = 1{,}70 \qquad \text{für E2}$$

Da es sich hier, wie aus dem Niveauschema ersichtlich, mit ($1/2^+ \longrightarrow 3/2^+$) um einen M1 - Übergang handelt, läge es nahe, die große Abweichung zwischen Theorie und Experiment darauf zurückzuführen, daß die Konversion im Kerninneren einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag liefert. Eine solche Anomalie des Konversionskoeffizienten wurde aber bisher nur bei stark retardierten Übergängen beobachtet. Beschreibt man den Sb^{121} - Kern, der genau ein Proton außerhalb der abgeschlossenen Schale Z = 50 besitzt, mit Hilfe des Schalenmodells, dann ist eine solche Retardierung des Übergangs $E_\gamma = 65{,}6$keV zu erwarten, da dieser Übergang ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$) ein 1 - verbotener Übergang ist.

Im Widerspruch zu diesem Erklärungsversuch stehen Resonanzfluoreszenzmessungen von Metzger und Langhoff (Me 63), bei denen keine Retardierung dieses Übergangs festgestellt werden konnte. Eine Erklärung für diese "Verletzung" der

1 - Auswahlregel ergibt sich aus den Rechnungen von Kisslinger und Sorensen (Ki 63). Sie benutzen zur Beschreibung des Sb^{121} - Kerns Wellenfunktionen, die eine Kombination von Einteilchen- und Phononenanregung repräsentieren. Die Niveaus $s_{1/2}+$ und $d_{3/2}+$ erweisen sich hierbei von stark kollektiver Natur. Zum gleichen Ergebnis führen neuere Rechnungen von VANDEN Berghe und Hyde (Be 71). Zur Klärung des beschriebenen Widerspruchs wurden in der vorliegenden Arbeit sorgfältige Messungen des Konversionselektronenspektrums mit einem Si(Li) - Halbleiterzähler ausgeführt.

Das radioaktive Te^{121} wurde im Göttinger Synchrozyklotron durch die Kernreaktion $^{122}Te(d,3n)I^{121} \xrightarrow{2,2h} Te^{121}$ erzeugt. Die Daten über die Gammastrahlung wurden dabei erstmals durch Messungen mit einem hochauflösenden Ge(Li) - Gammaspektrometer erhalten. Es konnten so die aus der Literatur bekannten Meßwerte präzisiert werden.

II. Meßprinzip

Die beim Zerfall des Te^{121} in Sb^{121} ausgesandten Konversionselektronen werden mit einem Si(Li) - Halbleiterzähler nachgewiesen. Aus den gemessenen Spektren werden die Flächeninhalte der einzelnen Elektronenlinien bestimmt und deren relative Intensitäten nach folgender Beziehung berechnet.

$$F_e^{K,L+M+N+\cdots}(E_e) = \frac{N_e(E_e)\ \varepsilon_e(542{,}7\text{keV})}{N_e(542{,}7\text{keV})\ \varepsilon_e(E_e)} \qquad (1)$$

mit $F_e^{K,L+M+N+\cdots}(E_e)$ = relative Anzahl der vom Präparat emittierten K- oder L+M+N+...-Konversionselektronen der Energie E_e bezogen auf die Zahl der emittierten K-Konversionselektronen des Übergangs E_γ = 573,07keV mit der Energie 542,7keV

$N_e(E_e)$ = Anzahl der mit der Energie E_e im Zähler nachgewiesenen Elektronen

$N_e(542{,}7\text{keV})$ = Anzahl der im Zähler nachgewiesenen K-Konversionselektronen des Übergangs E_γ = 573,07keV

$\varepsilon_e(E_e)$ = relative Nachweiswahrscheinlichkeit für Elektronen der Energie E_e

$\varepsilon_e(542{,}7\text{keV})$ = relative Nachweiswahrscheinlichkeit für Elektronen der Energie 542,7keV

Die ausgesandte Gammastrahlung wird zu einem anderen Zeitpunkt mit einem Ge(Li) - Spektrometer gemessen, und die relativen Intensitäten werden analog zu $F_e^{K,L+M+N+\cdots}(E_e)$ bestimmt

$$F_\gamma(E_\gamma) = \frac{N_\gamma(E_\gamma)\ \varepsilon_\gamma(573\text{keV})}{N_\gamma(573\text{keV})\ \varepsilon_\gamma(E_\gamma)} \qquad (2)$$

mit $F_\gamma(E_\gamma)$ = relative Anzahl der mit der Energie E_γ emittierten Gammaquanten bezogen auf die Anzahl der mit der Energie 573,07keV emittierten Gammaquanten

$N_\gamma(E_\gamma)$ = Anzahl der mit der Energie E_γ nachgewiesenen Gammaquanten

$N_\gamma(573{,}07\text{keV})$ = Anzahl der nachgewiesenen Gammaquanten des Übergangs E_γ = 573,07keV

$\varepsilon_\gamma(E_\gamma)$ = relative Photonachweiswahrscheinlichkeit für Gammaquanten der Energie E_γ

$\varepsilon_\gamma(573{,}07\text{keV})$ = relative Photonachweiswahrscheinlichkeit für Gammaquanten des Übergangs E_γ = 573,07keV

Da der Übergang E_γ = 573,07keV ein E2 - Übergang ist, darf man nach Hamilton und Manthuruthil (Ha 72) annehmen, daß die Tabellen von Hager und Seltzer (HaSe 68) den K-Konversionskoeffizienten mit einer Genauigkeit von besser als 2% wiedergeben.

Den K- oder L+M+N+...-Konversionskoeffizienten eines anderen Übergangs E_γ erhält man aus der Beziehung

$$\alpha_{K,L+M+N+\ldots}(E_\gamma) = \frac{F_e^{K,L+M+N+\ldots}(E_e)}{F_\gamma(E_\gamma)} \alpha_K(573{,}07\text{keV}) \qquad (3)$$

mit $\alpha_K(573{,}07\text{keV})$ = K-Konversionskoeffizient des Übergangs E_γ = 573,07keV nach Hager und Seltzer (HaSe 68).

III. Aufbau des Elektronenspektrometers

Abb. 1 zeigt ein Blockschaltbild des elektronischen Teils des Elektronenspektrometers. Zum Nachweis der Konversionselektronen wurde ein Si(Li) - Zähler[1] verwendet. Er hat eine Zählfläche von 100mm^2 und eine aktive Schichtdicke von 2mm, bei einem gedrifteten Si - Fenster von $50 \cdot 10^{-6}$g/cm^2. Der Zähler befand sich im Vakuum auf einer Temperatur von 77 K. Die über den Vorverstärker angelegte Hochspannung betrug 350V. Der ladungsempfindliche Vorverstärker[2] befand sich außerhalb des Vakuums, der Eingangs - Feldeffekttransistor hatte Zimmertemperatur. Verstärkt wurden die Impulse durch einen Hauptverstärker[3], der über einen eingebauten Baselinerestorer verfügt. Das gesamte Rauschen, hervorgrufen durch Zähler und Verstärker, betrug am Ausgang des Hauptverstärkers weniger als 2,2keV. Nachgewiesen wurden die Impule in einem Vielkanalanalysator[4], der ein 4096 Kanal - Gedächtnis besitzt. Die gespeicherten Daten wurden auf Magnetband ausgelesen und dann mit Hilfe der Rechenanlage[5] der Gesellschaft für Wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen ausgewertet.

Der mechanische Aufbau des Spektrometers ist in Abb. 2 dargestellt. Die Abb. 2a und 2b zeigen entsprechend einen horizontalen und vertikalen Schnitt durch das Spektrometer. Der Durchmesser der eigentlichen Meßkammer beträgt 80mm, die Aluminiumwandung hat eine Dicke von 2mm, so daß von außen eine Energieeichung des Zählers mittels Gamma - Eichpräparaten vorgenommen werden kann. Der Zähler selbst ist mit einer Kupferhalterung verschraubt, die auch als Fassung für die aufsteckbare Kupferblende dient. Der Kühlfinger, auf dem sich der Zähler befindet, besteht ebenfalls aus Kupfer.

1) Typ K 12 der Fa. Simtec, Canada
2) Typ TC 135M der Fa. Tennelec, USA
3) Typ TC 202 BLR der Fa. Tennelec, USA
4) Typ 8100/e der Fa. Canberra, USA
5) Typ 1108 der Fa. Univac, USA

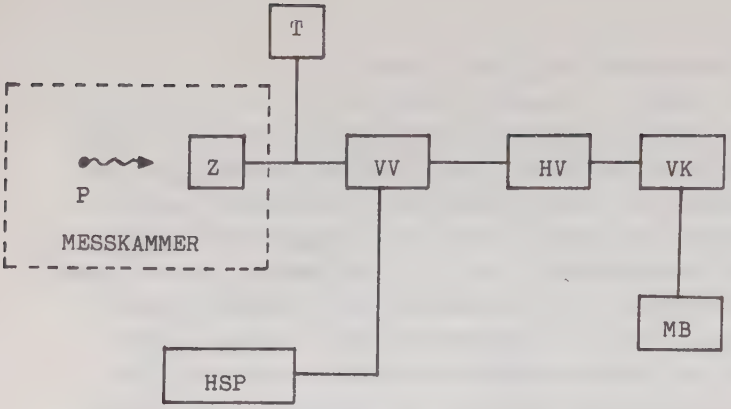

Abb. 1: Blockschaltbild des Elektronenspektrometers

P - Elektronen- und Gammapräparat
Z - Si(Li) - Zähler
VV - Ladungsempfindlicher Vorverstärker
HV - Hauptverstärker mit Baseline Restorer
VK - Vielkanalanalysator
MB - Magnetbandgerät
HSP - Stabilisiertes Hochspannungsgerät für den Zähler
T - Testimpulsgeber

Er wird durch ein Edelstahlrohr nach außen geführt und taucht dort in ein Dewargefäß mit flüssigem Stickstoff ein. An dem Edelstahlrohr befindet sich ein Eckventil, über das die Kammer wahlweise mit einer Vorpumpe oder Öldiffusionspumpe in Verbindung steht. Wenn das Vakuum besser als 10^{-4} Torr ist, übernimmt eine Ionengetterpumpe[1] mit einer Pumpleistung von 8 l/h die Aufrechterhaltung des Hochvakuums. Bei gekühltem Zähler wurde ein Druck von 10^{-7} Torr erreicht. Durch Verwendung der Getterpumpe wurde die Verschmutzung des Zählers durch Öldämpfe vermieden, so daß das Auflösungsvermögen über Zeiträume von mehr als drei

1) Typ IZ 8 der Fa. Leybold - Heraeus, Köln

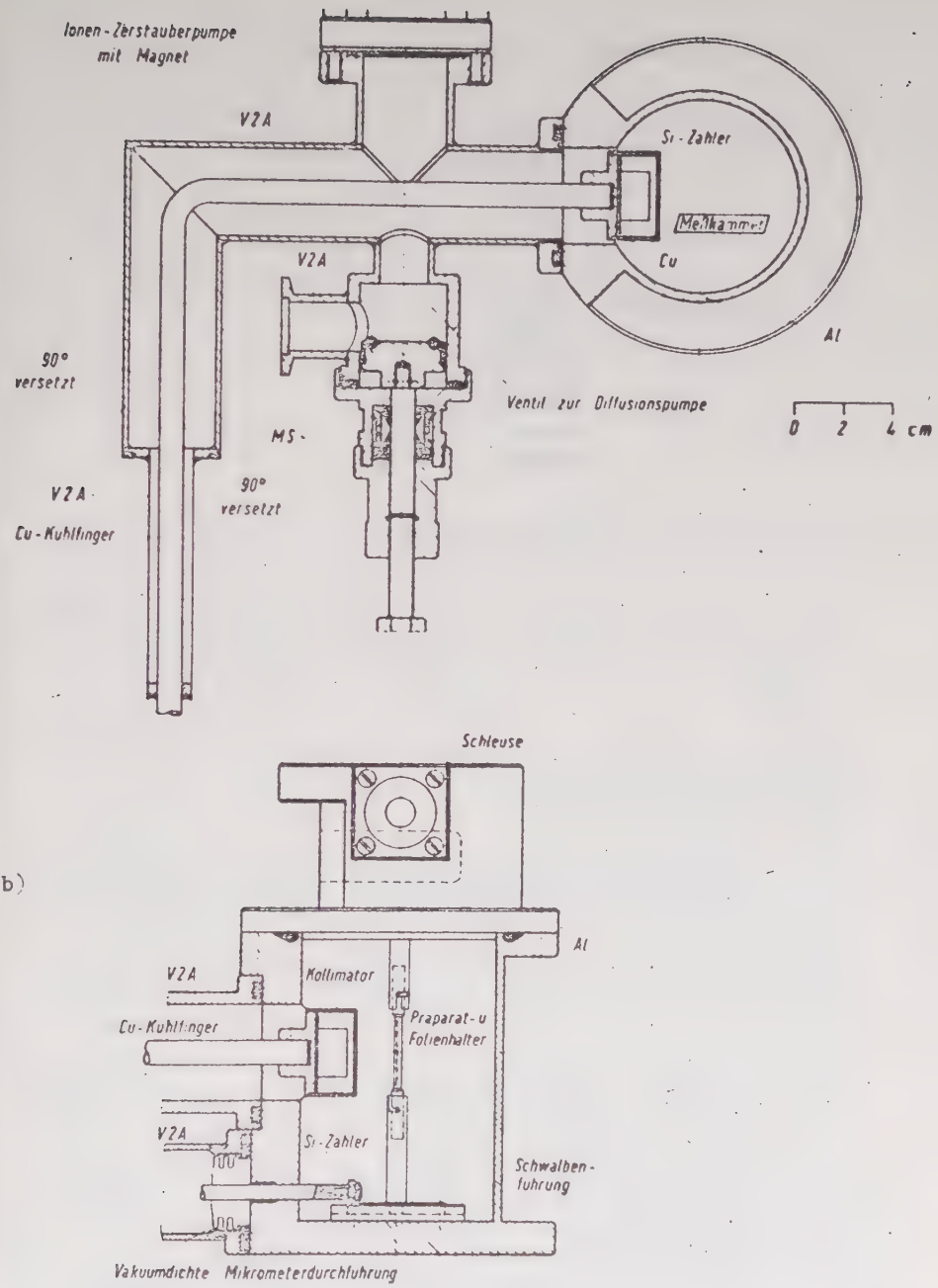

Abb. 2: Mechanischer Aufbau des Elektronenspektrometers

a) horizontaler Schnitt

b) vertikaler Schnitt

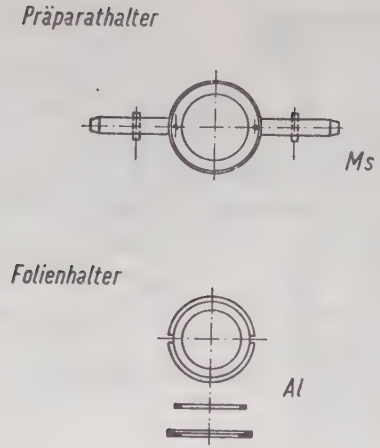

Abb. 3: Folien- und Präparathalter

Monaten konstant blieb. Der Zähler mußte nach dieser Zeit aufgetaut werden, weil Verunreinigungen durch das Einschleusen von Präparaten nicht ganz verhindert werden konnten. Die Oberfläche des Zählers wurde mit Petroläther und Methanol gereinigt, was zu keiner Verschlechterung des Auflösungsvermögens führte.

Die Präparate befinden sich auf Hostaphanunterlagen, die zwischen zwei Aluminiumringe geklemmt werden, wie sie in Abb. 3 dargestellt sind. Diese Ringe werden mit dem Präparathalter verschraubt und dann in eine Vakuumschleuse gebracht. Wenn das Vakuum in der Schleuse besser als 10^{-4} Torr ist, wird die Verbindung zwischen Meßkammer und Schleuse mit einem Flachschieberventil hergestellt und das Präparat in die Meßkammer eingeführt. Danach wird die Schleusenkammer wieder von der Meßkammer getrennt. So wird eine Drehdurchführung zur Meßkammer vermieden, die bei herkömmlicher Bauweise Leckraten von mehr als 10^{-4} l/Torr min besitzen. Eine vakuumdicht verschweißte Mikrometerdurchführung erlaubt es, den Abstand zwischen Präparat und Zähler auf Werte von $(26{,}0 \pm 0{,}1)$mm bis $(40{,}0 \pm 0{,}1)$mm einzustellen.

IV. Eichung des Elektronenspektrometers

Die Eichung erfolgt mit den bekannten Konversionslinien der folgenden Präparate.

Tabelle 1: Relative Elektronenintensitäten des Ba^{133}

Energie keV	Gemittelte Intensitäten nach Na 70 und He 67
124	11,0 ± 0,2
238,9	26,0 ± 0,5
265,4	51,7 ± 0,7
318,6	100

Tabelle 2: Relative Elektronenintensitäten des Bi^{207}

Energie keV	Intensitäten nach Av 73
481,7	100,0
554,4	30,2 ± 1,2
975,4	460,5 ± 13,8

Tabelle 3: Relative Elektronenintensitäten des Se^{75}

Energie keV	Gemittelte Intensitäten nach Pa 70
84,74	724 ± 69
253	100,0
292	16,6 ± 0,5
389,1	3,71 ± 0,04

Tabelle 4: Relative Elektronenintensitäten des ThB-Zerfalls (Pb^{212})

Energie keV	Übergang in	Gemittelte Intensitäten nach Ma 70, Fl 39, Si 65
24,5 24,7 25,16	Tl^{208} Pb [illegible]	72,6 ± 3,8
36,15 39,02	Tl^{208}	14,5 ± 0,7
148,1	Pb^{212}	100,0
222,48	Po^{212}	18,13 ± 0,54

Abb. 4 zeigt ein gemessenes Elektronenspektrum des Ba^{133} und Abb. 5 ein Spektrum des Bi^{207}. Die Präparate Ba^{133} und Bi^{207} wurden von Schilling-Schön (Sch 75) hergestellt. Sie besitzen eine 30 µ - dicke Hostaphanunterlage und ein Hostaphanfenster von 7,5µ Dicke. Der durch dieses Fenster bewirkte wahrscheinlichste Energieverlust der Elektronen ist abhängig von der Primärenergie. Er beträgt zwischen 2keV und 3keV, in Übereinstimmung mit Rechnungen nach Landau (La 44). Weiterhin werden die Elektronenlinien durch das Fenster verbreitert, und zwar beträgt die Verbreiterung etwa 700eV für die 125keV Ba^{133} Linie und etwa 200eV für die 481keV Linie des Bi^{207}; dies ist auch in Übereinstimmung mit Landau (La 44).

Rechnungen nach Dupony et al. (Du 64, Du 65) und Tabata und Ito (Ta 75) ergeben, daß Rückstreuung der Elektronen und Absorption, d.h. Verringerung der Anzahl der Elektronen, für die verwendeten Präparate insgesamt unter 0,5% liegen, und damit keinen Einfluß auf die Intensitäten der Elektronenlinien ausüben.

Abb. 6 zeigt das Elektronenspektrum des Se^{75}. Die Unterlage besteht aus einer 2,5 µ - dicken Hostaphanfolie. Aufgebracht wurde das radioaktive Se^{75} als in Wasser gelöstes Natriumselenit, das eingedampft und mit einer UHU[1] - Schutzschicht versehen wurde, die dünner als $0{,}2 \cdot 10^{-6}$ g/cm^2 war. Die untersuchten Elektronenlinien wurden durch diese Schutzschicht nicht beeinflußt. Aus dem komplizierten Spektrum des Se^{75} wurden nur die in Tabelle 3 aufgeführten Linien ausgewertet, da sie als einzige gut getrennt nachgewiesen werden konnten.

Das Spektrum des ThB - Zerfalls ist in Abb. 7 dargestellt. Die Herstellung der Präparate erfolgte durch Abstreifen eines bei Kirschner (Ki 73) beschriebenen ThB - Stiftes auf eine 2,5µ starke Hostaphanfolie. Ausgewertet wurden die L_I-, L_{II}- und M_I-Konversionselektronen des 39,86keV Übergangs im Tl^{208}, die K-Konversionselektronen des 115,2keV Übergangs im Pb^{212} und die K- und L_I-Konversionselektronen

1) UHU - Alleskleber der UHU Werke, Bühl

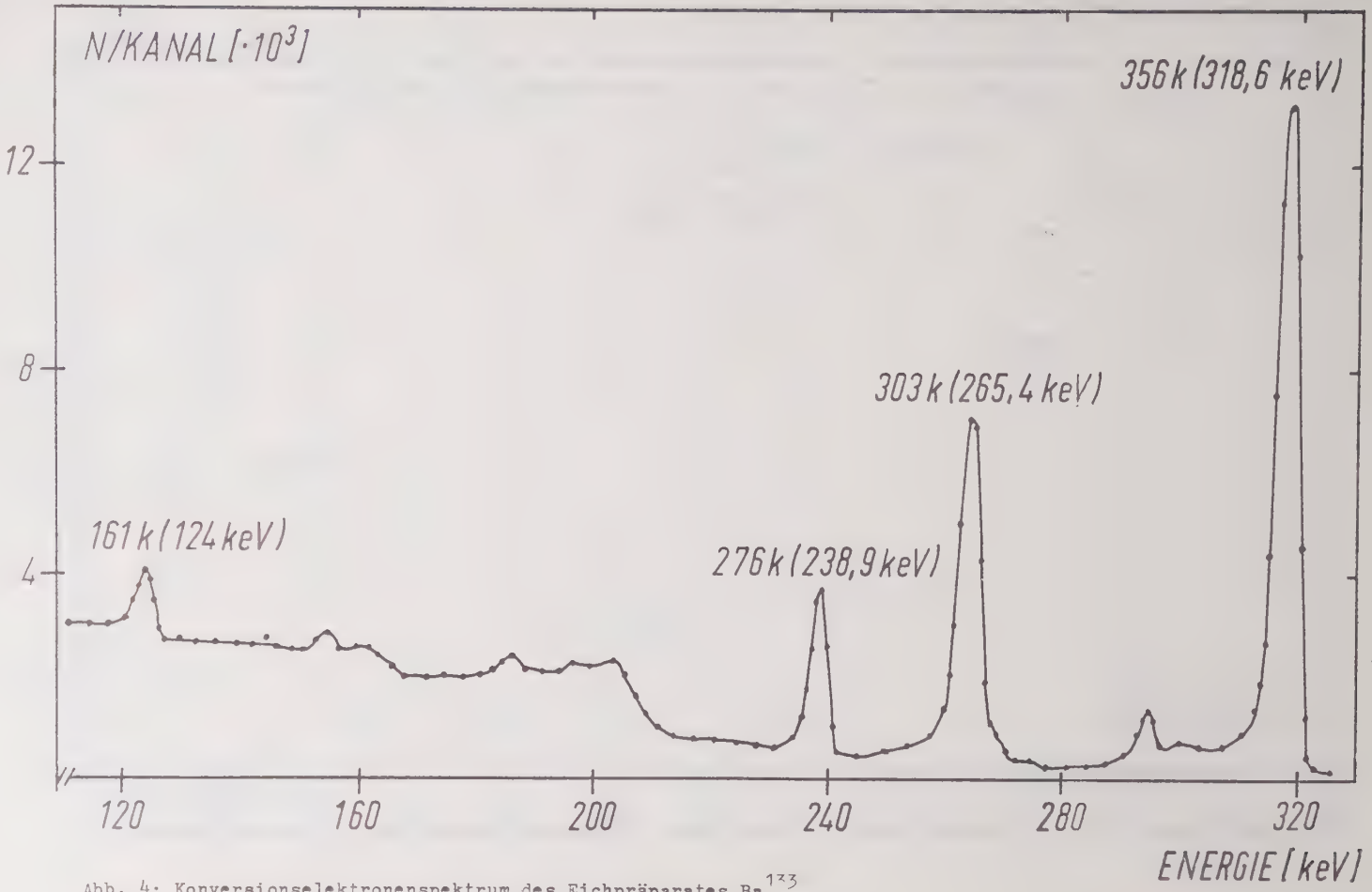

Abb. 4: Konversionselektronenspektrum des Eichpräparates Ba^{133}

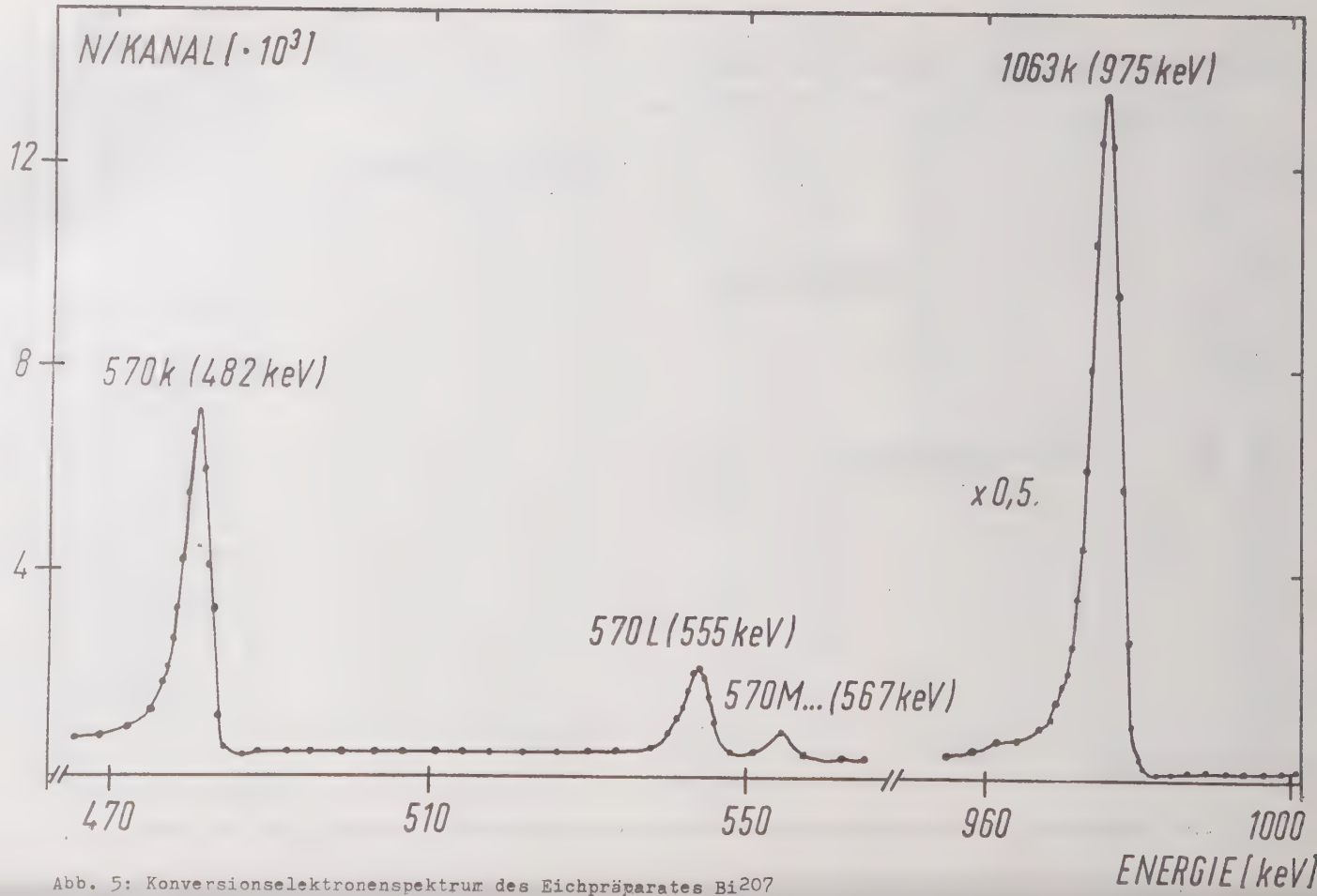

Abb. 5: Konversionselektronenspektrum des Eichpräparates Bi^{207}

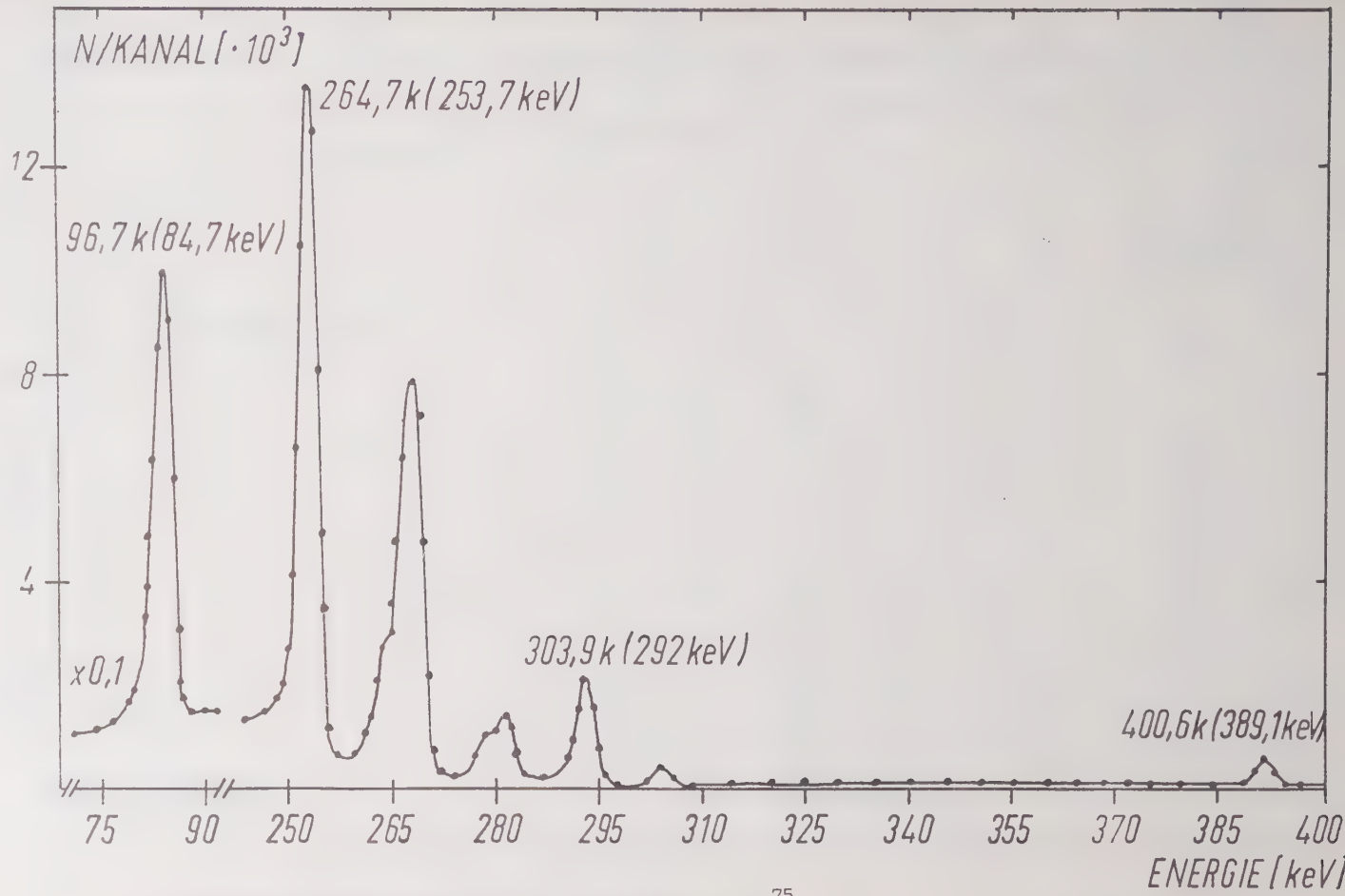

Abb. 6: Konversionselektronenspektrum des Eichpräparates Se^{75}

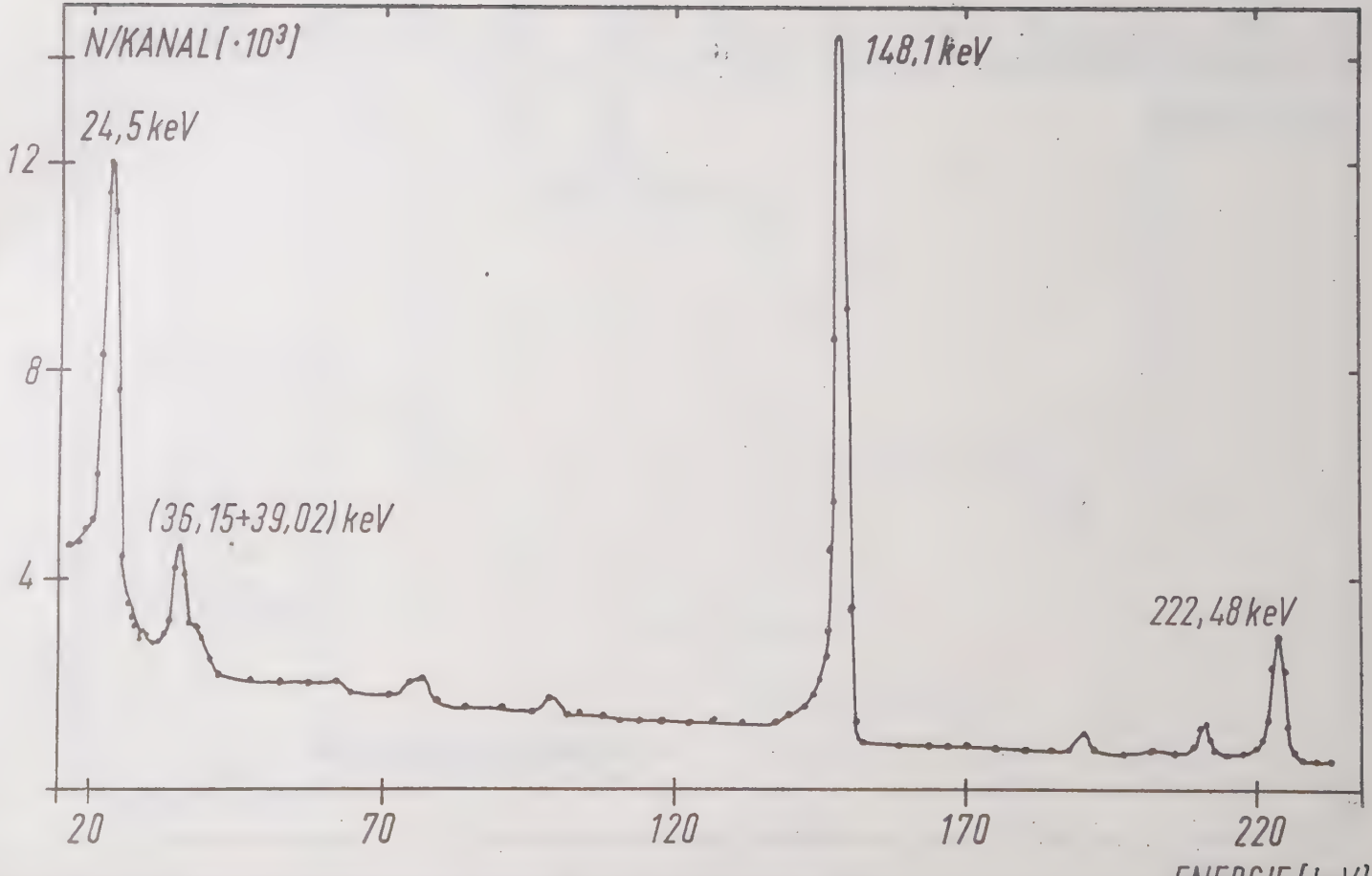

Abb. 7: Konversionselektronenspektrum des Eichpräparates ThB.

des 238,62keV Übergangs in Pb^{212}. Die 24,5keV Elektronenlinie war um 420eV zu kleineren Energien hin verschoben. Dies stimmt mit dem berechneten wahrscheinlichsten Energieverlust im Eintrittsfenster des Zählers überein. Die Absorption von Elektronen im Zählerfenster ist aber zu vernachlässigen.

Abb. 8 zeigt das Ergebnis der Messung zur Elektronennachweiswahrscheinlichkeit des Si(Li) - Zählers. Aufgetragen wurde die Nachweiswahrscheinlichkeit als Funktion der Primärenergie der Elektronen. Zur Normierung wurde die Intensität der 320keV Linie des Ba^{133} gleich 1 gesetzt. Die durchgezogene Linie entspricht einer Ausgleichsgeraden mit der Steigung 0, d.h. die Elektronennachweiswahrscheinlichkeit ist im Bereich von 24,5keV bis 553keV als konstant anzusehen, mit einer Genauigkeit von 3%. Dies bedeutet, daß die Rückstreuung der Elektronen am Si(Li) - Zähler in diesem Bereich unabhängig von der Primärenergie ist, in Übereinstimmung mit Untersuchungen von Tabata et al. (Ta 71). Ein ähnliches Ergebnis wurde auch von de Boer et al. (Bo 70) im Bereich von 34keV bis 400keV beobachtet, dann sinkt die Nachweiswahrscheinlichkeit leicht ab. Dies ist aber wohl nach Jardine und Lederer (Ja 74) auf den von de Boer et al. (Bo 70) verwendeten geometrischen Aufbau zurückzuführen.

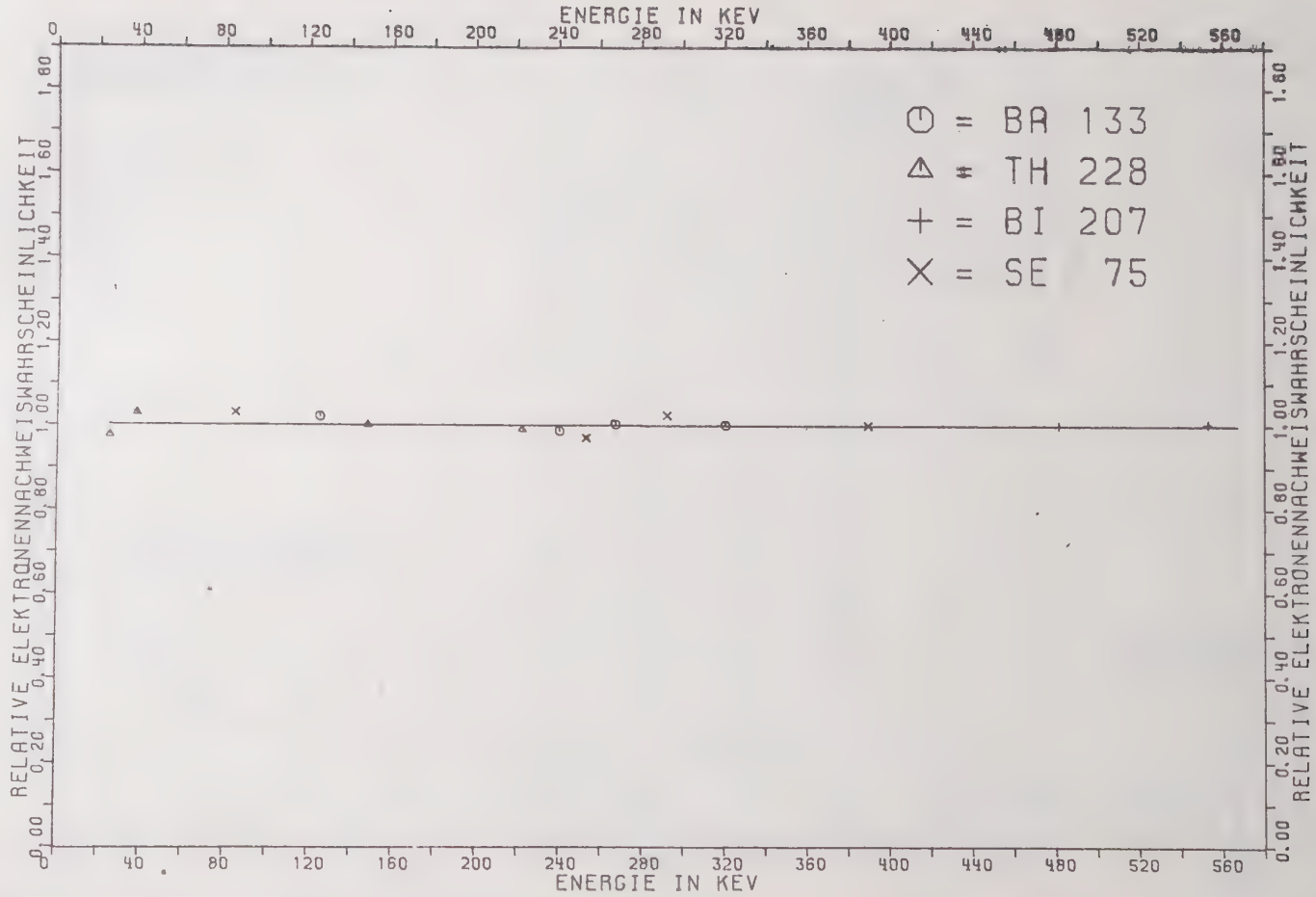

Abb. 8: Gemessene relative Elektronennachweiswahrscheinlichkeit des Elektronenspektrometers

V. Eichung des Ge(Li) - Gammaspektrometers

Zur Messung der relativen Gammaintensitäten des Te^{121} - Zerfalls wurde ein Ge(Li) - Planarzähler[1] verwendet, der eine aktive Schichtdicke von 4,76mm besitzt. Die geringe Nachweiswahrscheinlichkeit des Zählers für Gammastrahlung höherer Energie erwies sich als Vorteil, da das Intensitätsverhältnis der zu vergleichenden Übergänge 573,07keV und 65,58keV ca 100 : 0,3 beträgt, und das Verhältnis der Nachweiswahrscheinlichkeiten des 65,58keV und des 573,07keV Übergangs gleich 100 : 0,6 ist. Damit erhält man für den 65,58keV Übergang ein Photolinien - Untergrund Verhältnis von 100 : 20. Dies ist sehr viel günstiger als das mit einem 10% - Ge(Li) - Koaxialzähler gemessene Verhältnis von 100 : 1500.

Das Gammaspektrometer besteht aus dem Ge(Li) - Planarzähler mit integriertem Vorverstärker[2] und Hauptverstärker[3] und einem Impulshöhenanalysator[4] mit einem 4096 - Kanal - Gedächtnis. Die Ausgabe der Meßdaten erfolgte auf Lochstreifen, die dann mit Hilfe des Rechners der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung Göttingen ausgewertet wurden. Das Auflösungsvermögen betrug 0,488keV bei der 122keV Linie des Co^{57}.

Die verwendeten Präparate des Se^{75} und Ba^{133} waren identisch mit den Elektroneneichpräparaten. Th^{228}, Ir^{192} und Ta^{182} waren im Institut hergestellte Eichpräparate mit 0,5mm starken Plexiglasabdeckungen, die keinen Einfluß auf die gemessenen relativen Intensitäten der Gammastrahlung hatten, da nur Energien, die größer als 100keV waren, ausgewertet wurden.

In den folgenden Tabellen 5 - 7 sind die von den jeweiligen Präparaten benutzten Übergänge mit den dazugehörigen Intensitäten zusammengestellt, die der aufgeführten Literatur entnommen sind.

1) Typ 8113 - 10200 der Fa. Ortec, USA
2) Typ 117 A der Fa. Ortec, USA
3) Typ HV 472 der Fa. Ortec, USA
4) Typ 8100/e der Fa. Canberra, USA

Tabelle 5: Relative Gammaintensitäten des Ba^{133}

Energie keV	Intensitäten nach SO 72
K_α	161,2 ± 2,7
K_β	37,4 ± 0,5
53,16	3,54 ± 0,5
81,04	52,6 ± 1,6
160,5	1,16 ± 0,05
276,38	11,4 ± 0,3
302,71	30,2 ± 0,6
356,71	100,0
383,83	14,4 ± 3

Tabelle 6: Relative Gammaintensitäten des Ta^{182}

Energie keV	Intensitäten nach Le 73
100,1	40,2 ± 1,0
152,4	20,5 ± 0,5
222,1	21,3 ± 0,6
219,3	10,3 ± 0,3
264,1	10,1 ± 0,3

Tabelle 7: Relative Gammaintensitäten des Ir^{192}

Energie keV	Intensitäten nach Ge 72
205,7	3,86 ± 0,06
295,8	34,64 ± 0,35
308,4	35,77 ± 0,36
316,5	100,0
467,9	58,0 ± 0,9
484,5	3,81 ± 0,05
586,6	5,52 ± 0,01
604,4	10,04 ± 0,26
612,25	6,55 ± 0,13

Tabelle 8: Relative Gammaintensitäten des Th^{228}

Energie keV	Intensitäten nach Ma 70
238,62	100,0
240,98	88,1 ± 3,6
300,6	56,3 ± 2,0
583,14	10,95± 0,65

Tabelle 9: Relative Gammaintensitäten des Se^{75}

Energie keV	Intensitäten nach Le 73
66,0	1,67 ± 0,04
96,73	5,27 ± 0,07
121,11	28,16 ± 0,31
136,0	95,2 ± 1,1
198,6	2,51 ± 0,04
264,65	100,0
279,5	42,1 ± 0,4
303,9	2,22 ± 0,02
400,6	19,86 ± 0,3

In Abb.9 ist die relative Photonachweiswahrscheinlichkeit des Ge(Li) - Zählers dargestellt. Eingezeichnet sind die Meßpunkte und eine durchgezogene Linie, die in den Bereichen 37keV - 121,11keV, 121,11keV - 205keV und 205keV - 612keV durch Interpolation mit drei Polynomen 5. Grades erhalten wurde. Die Fehler werden über den gesamten Bereich zu 4% geschätzt. Sie resultieren allein aus den Fehlern der Literaturwerte, da nur Linien zur Auswertung herangezogen wurden, die eine gute statistische Genauigkeit besaßen und nicht mit anderen Linien zusammenfielen.

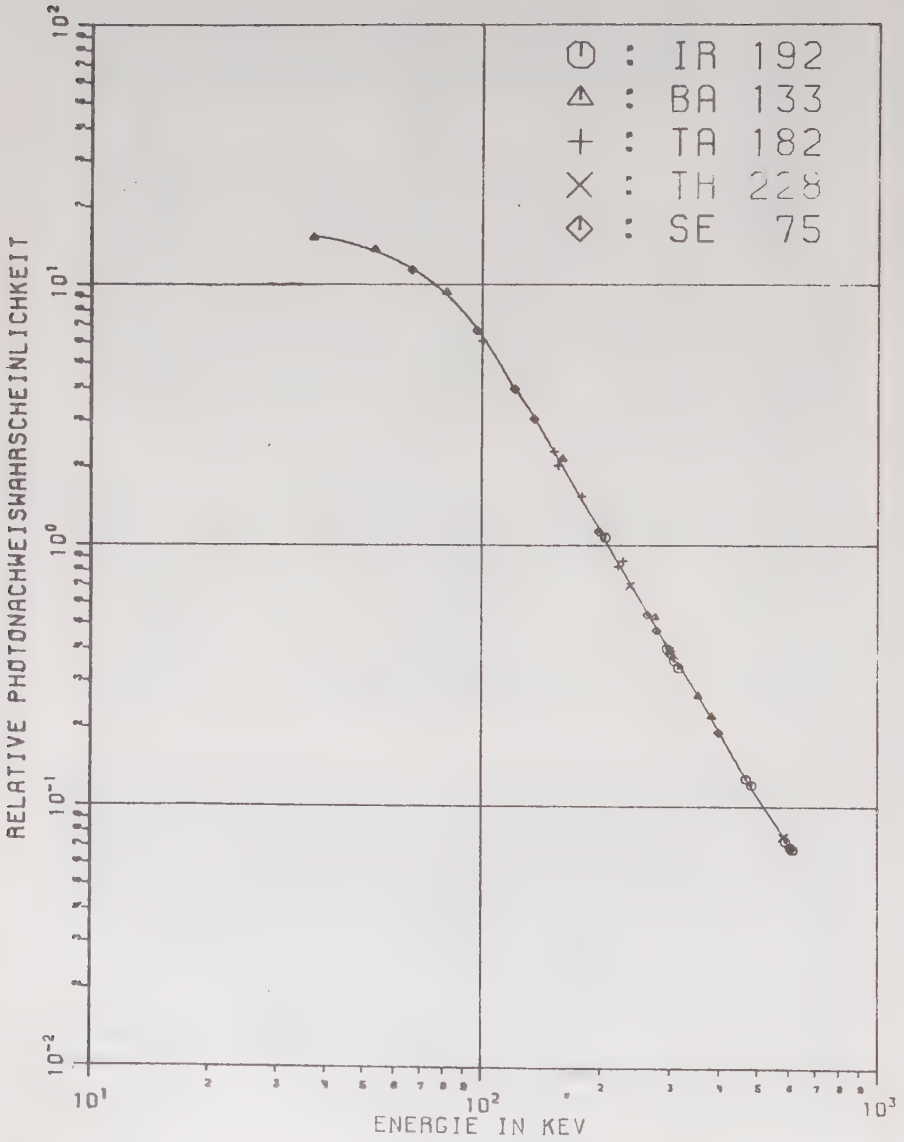

Abb. 9: Gemessene relative Photonachweiswahrscheinlichkeit des Gammaspektrometers

VI. Herstellung der Meßpräparate

Die Herstellung der Meßpräparate erwies sich als sehr schwierig, da Konversionselektronen mit einer Energie von 35keV nachgewiesen werden sollten. Bei ersten Experimenten wurden sehr starke Te^{121} - Aktivitäten durch Bestrahlen von natürlichem Antimon (57,25% Sb^{121}, 42,75% Sb^{123}) mit Deuteronen der Energie E_d = 18MeV im Göttinger Synchrozyklotron hergestellt. Das durch die Reaktionen $Sb^{121}(d,2n)Te^{121,121m}$ und $Sb^{123}(d,2n)Te^{123m}$ entstandene Tellur wurde chemisch abgetrennt und zusammen mit dem hinzugefügten Tellur - Träger von 5mg durch Ausfällen auf ein Membran - Filter[1] der Dicke 4mg/cm^2 gebracht. Bei den Experimenten zeigte sich, daß die von diesen Präparaten emittierten Konversionselektronen eine zu starke Energieverschiebung erlitten, so daß sie nur zur Messung der Gammaintensitäten verwendet werden konnten.

Für die endgültigen Messungen wurde deshalb der folgende Weg zur Herstellung der Elektronenpräparate eingeschlagen. Bestrahlt wurden Mengen von 2 - 4mg $Te^{122}O_2$, wobei der Anreicherungsgrad des Te^{122} 95,07% betrug. Bei einer Deuteronenenergie von E_d = 27MeV und Bestrahlungszeiten bis zu 2,5 Stunden entstand durch die Reaktion $Te^{122}(d,3n)J^{121}$ das radioaktive Jodisotop J^{121} ($T_{1/2}$ = 2,2h). Um zu trägerfreien Tellur - Präparaten zu gelangen, mußte das J^{121} vom Targetmaterial abgetrennt werden. Dazu wurde zunächst das bestrahlte $Te^{122}O_2$ - Pulver in Kalilauge gelöst. Nach Zugabe von 4 - 6mg J^- - Träger als KJ - Lösung wurde die Lösung mit 3m - HNO_3 angesäuert. Die anschließende Zugabe von $NaNO_2$ als Oxydationsmittel bewirkte das Ausscheiden von elementarem J_2, das mit CCl_4 extrahiert wurde. Der nichtwässrige Extrakt wurde viermal mit bidestilliertem Wasser gewaschen. Diese Jodabtrennung konnte ca 30 Minuten nach Bestrahlungsende abgeschlossen werden. Die Jodlösung blieb dann 20 Stunden stehen, in dieser Zeit zerfiel das J^{121} fast vollständig in das Te^{121}.

1) Fa. Sartorius, Göttingen

Zur Herstellung der Präparate wurde dann die Jodlösung in einem Quarztiegel eingedampft, wobei Jod und Lösungsmittel verdampften und das Te^{121} trägerfrei zurückblieb. Dieses Te^{121} wurde mit konzentrierter Salzsäure gelöst und auf ca 0,5ml eingeengt. Anschließend wurde die Lösung tropfenweise auf eine 2,5µ - dicke Hostaphanfolie gebracht und eingetrocknet. Dadurch entstand ein Fleck von trägerfreier und nahezu salzfreier Te^{121} - Aktivität, der einen Durchmesser von etwa 3mm besaß. Wichtig war hierbei die Verwendung von hochreinen Chemikalien.[1)2)]

Die Hostaphanfolie wurde zwischen die Aluminiumringe des Folienhalters (Abb. 3) geklemmt und in den Präparathalter geschraubt, der über die Vorvakuumschleuse so vor den Si(Li) - Zähler gebracht wurde, daß die Präparat - Zähler - Geometrie mit der der Eichmessungen übereinstimmte.

1) Suprapur - Qualität der Fa. Merck, Darmstadt
2) Für die Ausführung der chemischen Trennungen danke ich Herrn Dr. L. Ziegler

VII. Auswertung der Elektronenspektren

Abb. 10 zeigt ein gemessenes Konversionselektronenspektrum des Te^{121} - Zerfalls. Es besteht aus einer Summe von vier nacheinander gemessenen Spektren mit einer Gesamtmeßzeit von 18 Stunden. Die Flächenbestimmung der Elektronenlinien erfolgte numerisch. Dazu wurde folgende Funktion an die einzelnen Linien angepaßt:

$$N(I) = A(1)\ \exp(-(I - A(2)^2/0{,}306567\ A(3)^2)\ Z + U(I) \qquad (4)$$

$$\text{mit } Z = 1 - \tanh((A(2) - I)\ A(4)) \quad \text{für } I < A(2)$$
$$Z = 1 \quad \text{für } I \geq A(2) \qquad (5)$$

wobei I = Kanalnummer
N(I) = Anzahl der Ereignisse im I-ten Kanal
U(I) = Untergrund im I-ten Kanal
A(1) bis A(4) sind die Parameter der Anpassung mit der Bedeutung
A(1) = Höhe der Linie
A(2) = Lage des Linienschwerpunktes
A(3) = Breite der Linie auf halber Höhe des Maximums
A(4) = Dehnungsfaktor für den Wertebereich des tanh

Dies entspricht einer Gaußverteilung, deren linke Flanke von der Funktion Z beeinflußt wird. Dieser Einfluß bewirkt eine gute Anpassung an den niederenergetischen Ausläufer einer Elektronenlinie, der durch im Zähler rückgestreute Elektronen verursacht wird.

Der Flächeninhalt F einer Linie wurde durch Aufsummieren der Kanalinhalte bestimmt.

$$F = \sum_{I=1}^{r} (N(I) - U(I)) \qquad (6)$$

Die Grenzen r und 1 werden durch folgende Gleichungen fest-

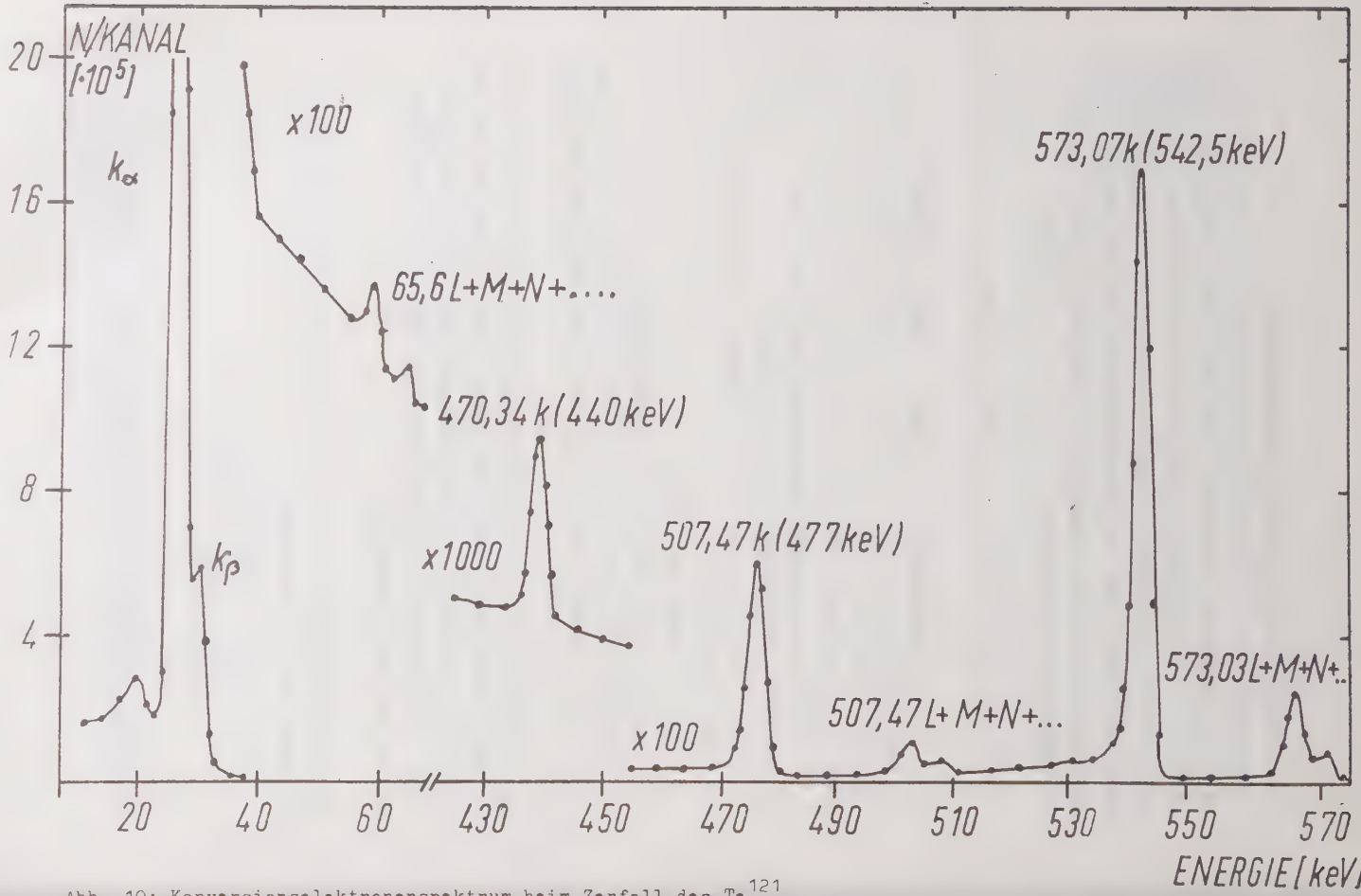

Abb. 10: Konversionselektronenspektrum beim Zerfall des Te^{121}

gelegt:

$$N(r) \leq \frac{1}{50} A(1) \qquad \text{und } r > A(2)$$
$$N(l) \leq \frac{1}{20} A(1) \qquad \text{und } l < A(2) \qquad (7)$$

a) Auswertung der Konversionselektronenlinien der Übergänge $E_{\gamma 1}$ = 573,07keV und $E_{\gamma 2}$ = 507,47keV

Zur Auswertung der K-Konversionslinien der Übergänge wurde in Gleichung (4) ein konstanter Untergrund U(I) = U verwendet, der aus der Gleichung

$$U = \sum_{I=\,r+1}^{r+(r-l+1)} N(I)/(r-l) \qquad (8)$$

berechnet wurde.

Da die Gammastrahlung nicht von den L+M+N+...-Konversionselektronen getrennt nachgewiesen werden konnte, wurde ein zweites Spektrum mit dem Si(Li) - Zähler aufgenommen, nachdem ein 0,2mm dicker Aluminiumabsorber zwischen Zähler und Präparat gebracht worden war, der eine Energieverschiebung der Elektronen um mindestens 90keV zu niedrigeren Energien hin bewirkte. Durch die Berechnung eines Differenzspektrums erhält man dann die L+M+N+...-Konversionslinien der Übergänge $E_{\gamma 1}$ = 573,07keV und $E_{\gamma 2}$ = 507,47keV ohne den Untergrund der Gammastrahlung.

b) Auswertung der Konversionselektronenlinie des Übergangs $E_{\gamma 3}$ = 470,34keV

Bei der Anpassung der Funktion (4) an die K-Konversionslinie des Übergangs $E_{\gamma 3}$ = 470,34keV wurde ein quadratischer Untergrund der Form

$$U(I) = U_1 + U_2 I + U_3 I^2 \qquad (9)$$

verwendet, da der Untergrund auf der Compton - Streuung der 573,07keV - Gammastrahlung beruhte. Die Koeffizienten U_1, U_2 und U_3 wurden durch Anpassen der Funktion (9) an Kanäle rechts und links von der Elektronenlinie bestimmt. Die L+M+N+...-Konversionslinien konnten wegen zu geringer Intensität nicht ausgewertet werden.

c) Auswertung der Konversionselektronenlinien des Übergangs $E_{\gamma 4}$ = 65,58keV

Die Auswertung der Konversionselektronenlinien des Übergangs $E_{\gamma 4}$ = 65,58keV wird durch den hohen Comptonuntergrund der 573,07keV- und 507,47keV - Gammastrahlung und der starken Röntgenstrahlung des Sb^{121} erschwert. Zur Bestimmung dieses Untergrundes wurde ein zweites Spektrum aufgenommen mit einem 50 µ - dicken Plexiglasabsorber zwischen Zähler und Präparat. Dieser Absorber bewirkte, daß alle Elektronen mit einer Primärenergie bis zu 80keV eine Energieverschiebung von mindestens 65keV erfahren. Die anderen vom Präparat emittierten Elektronen besitzen Primärenergien, die größer als 400keV sind. Diese Elektronen werden nur so gering verschoben, daß sie im Energiebereich > 300keV nachgewiesen werden. Das in Abb. 11 gezeichnete Differenzspektrum erhält nur noch die vom Präparat emittierten Elektronen.

Da die K-Konversionslinie des Übergangs $E_{\gamma 4}$ = 65,58keV von den L+M+N+...-Konversionslinien nicht getrennt werden konnte, wurde an das Differenzspektrum die Funktion $N_g(I)$ angepaßt.

$$N_g(I) = N_1(I,\ K\text{-}65{,}58keV) + N_2(I,\ L\text{-}37{,}13keV) + N_3(I,\ M\text{-}37{,}13keV) + N_4(I,\ K\text{-}LX) \qquad (10)$$

N_1 repräsentiert die Verteilung der 65,58keV K-Konversionslinie der Form (4). N_2 und N_3 entsprechen den L- und M-Konversionslinien des 37,13keV - Übergangs, die N+O+...-Konversion liefert einen geringen Beitrag und wurde vernachlässigt. N_4 beschreibt den Beitrag der

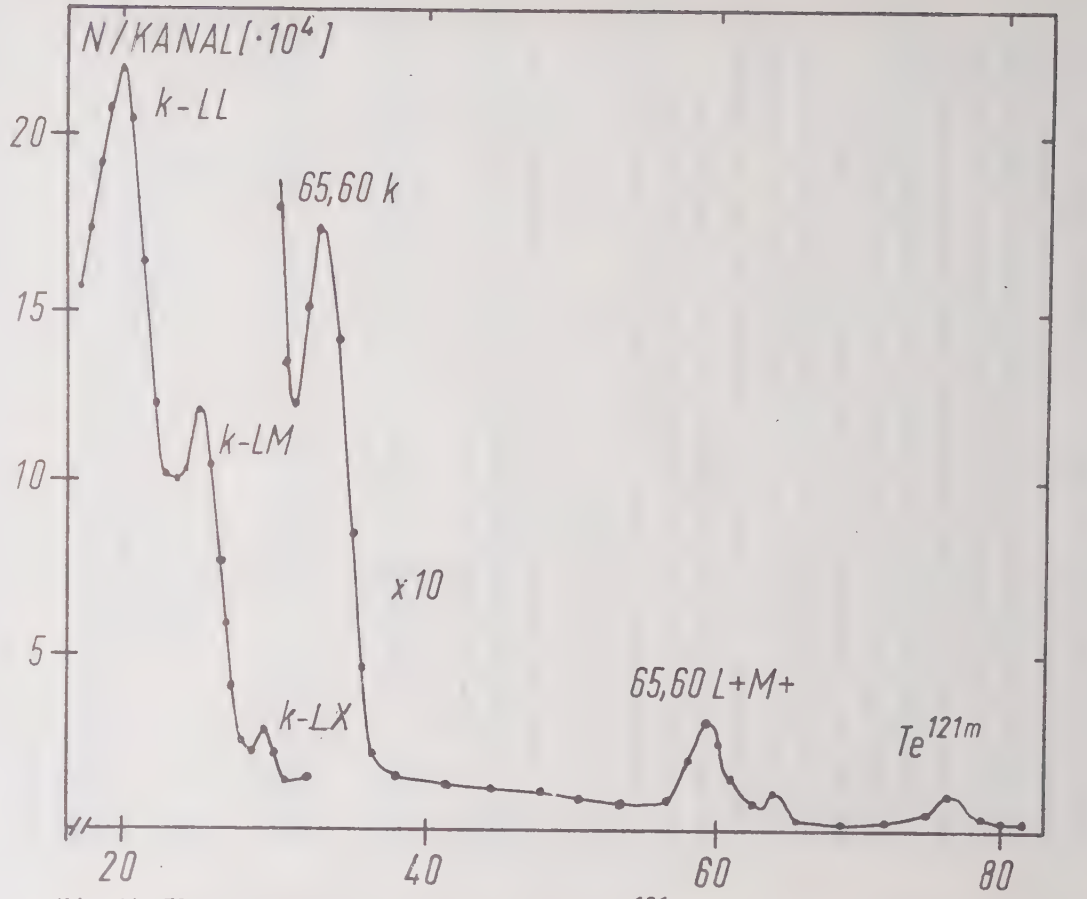

Abb. 11: Elektronenspektrum beim Zerfall des Te^{121}. Röntgen- und Comptonuntergrund sind abgezogen.

K-LX Augerelektronen des Sb^{121} zur K-Konversionslinie. Die Lage der Schwerpunkte der Konversionslinien des Übergangs $E_{\gamma 5}$ = 37,13keV relativ zur K-Konversion wurden aus den bei Lederer (Le 68) angegebenen Bindungsenergien der Elektronen des Sb^{121} bestimmt. Die relativen Intensitäten wurden aus den gemessenen relativen Gammaintensitäten der 573,07keV und 37,13keV Linien berechnet, unter Verwendung der von Snyder (Sn 68) gemessenen Konversionskoeffizienten für den Übergang $E_{\gamma 5}$ = 37,13keV. Dabei wirkt sich ein Fehler von 50% in der Abschätzung dieser Intensitäten auf die Fläche der K-Konversion des Übergangs $E_{\gamma 4}$ = 65,6keV zu 15% aus, der Beitrag der K-LX Augerelektronen zur Fläche beträgt weniger als 10%. Abb. 12 zeigt die mit der Gleichung (10) gewonnene Anpassung. Die Dreiecke stellen das gemessene Spektrum und die durchgezogenen Kurven die angepaßten Elektronenlinien dar. Die Bezeichnungen N_g, N_1, N_2, N_3 entsprechen denen in Formel (10). Die K-LX Augerelektronen sind nicht mit abgebildet.

Die relativen Intensitäten für das Elektronenspektrum des Te^{121} - Zerfalls sind in Tabelle 10 zusammengefaßt. Spalte 4 enthält die Meßergebnisse von Chu et al. (Ch 64).

Tabelle 10: Relative Intensitäten der Konversionselektronen des Te^{121} - Zerfalls

Übergang keV	Konversionslinie	eigene Messung	Ch 64
573,07	K	100	100
	L+M+N+...	17,6 ± 0,3	
507,42	K	35,06 ± 1,05	35,1
	L+M+N+...	5,64 ± 0,33	
470,34	K	3,06 ± 0,19	3,24
65,6	K	125 ± 19	89,1
	L+M+N+...	27,7 ± 1,6	14,85

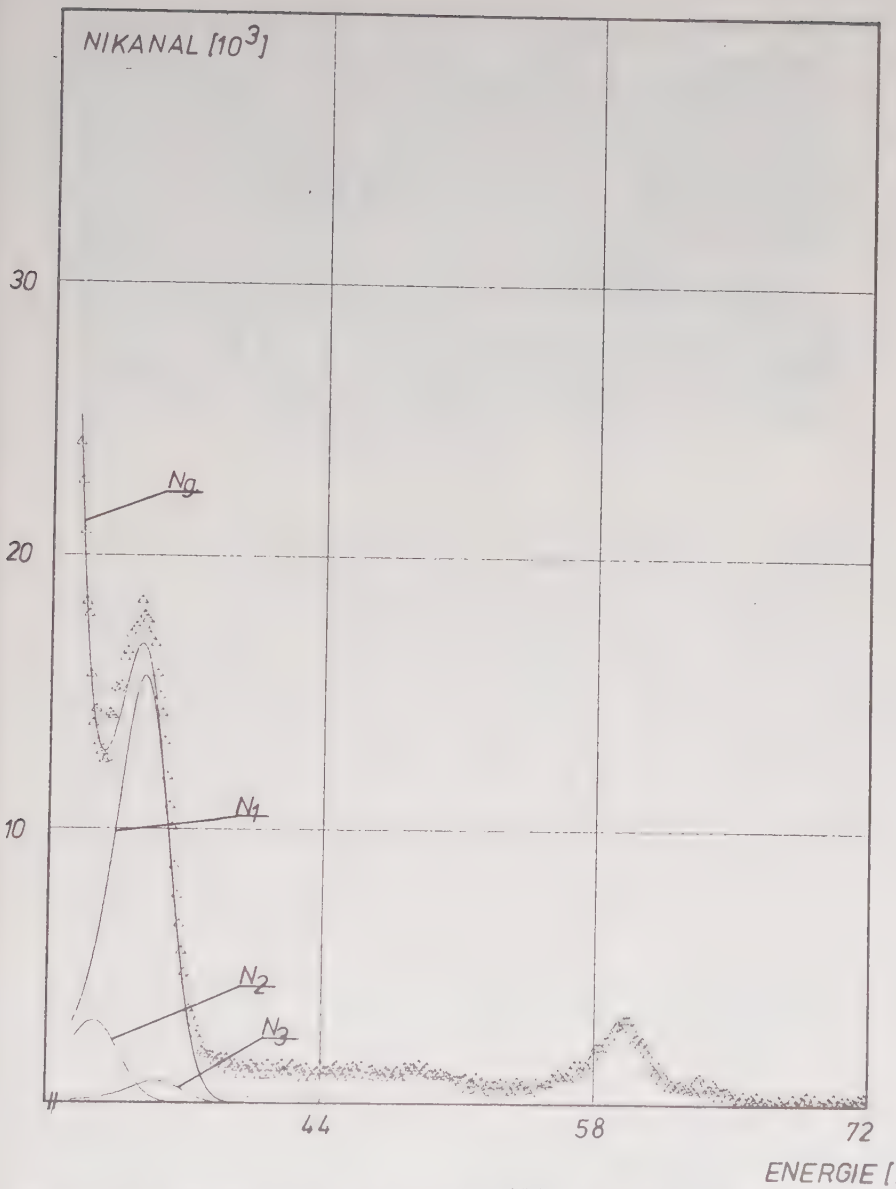

Abb. 12: Elektronenspektrum beim Te^{121}- Zerfall. Röntgen- und Comptonuntergrund sind abgezogen. Die Dreiecke stellen das gemessene Elektronenspektrum nach Abzug des Untergrundes dar. Die durchgezogenen Kurven wurden durch Anpassen der Funktion $N_g(I)$ (Formel (10), Seite 26) an die Meßpunkte gewonnen. Die Bezeichnungen N_g, N_1, N_2 und N_3 entsprechen denen in Formel (10).

d) Sehr schwach konnten noch die Konversionselektronen des Übergangs E_γ = 81,78keV nachgewiesen werden. Dieser Übergang ist ein Teil der Kaskade 81,78keV - 212,5keV, über die das Tellurisomer Te^{121m}($T_{1/2}$ = 154d) in den Grundzustand des Te^{121} übergeht. Unter Zúhilfenahme der von Marelius et al. (Ma 68) gemessenen Konversionskoeffizienten dieses Übergangs ergab sich, daß (3 ± 1) 10^{-3} aller J^{121} ($T_{1/2}$= 2,12h) direkt oder indirekt über Zwischenniveaus zum Isomer Te^{121m} führen. Dies stimmt mit Messungen von Gföller und Langhoff (Gf 68), die eine obere Grenze von $5 \cdot 10^{-3}$ für die Zerfallswahrscheinlichkeit des J^{121} in das Te^{121m} angeben, überein.

VIII. Auswertung der Gammaspektren

Zur Bestimmung der relativen Gammaintensitäten des Te^{121} - Zerfalls wurde die gesamte Fläche der einzelnen Linien berechnet, das Verfahren ist bei Kotka (Ko 73) als TPA - Methode beschrieben. Das Te^{121} - Gammaspektrum ist in Abb 13 dargestellt, dort ist auch zu erkennen, daß alle Gammalinien sehr gut getrennt werden konnten. Unter Berücksichtigung der auf Seite 20 angegebenen relativen Photonachweiswahrscheinlichkeit des Ge(Li) - Planarzählers ergaben sich die in Tabelle 11 aufgeführten Meßergebnisse. Die Gammaenergien der Übergänge ergaben sich aus der Eichung des Ge(Li) - Spektrometers mit den in den Tabellen 5 - 9 aufgeführten Präparaten.

Tabelle 11: Relative Gammaintensitäten des Te^{121} - Zerfalls

Energie keV	eigene Messung	Ch 64
37,13 ± 0,05	0,138 ± 0,006	
65,60 ± 0,01	0,317 ± 0,012	0,4 ± 0,1
470,34 ± 0,02	1,70 ± 0,08	1,8 ± 0,3
507,47 ± 0,02	22,9 ± 0,7	24 ± 4
573,07 ± 0,03	100	100

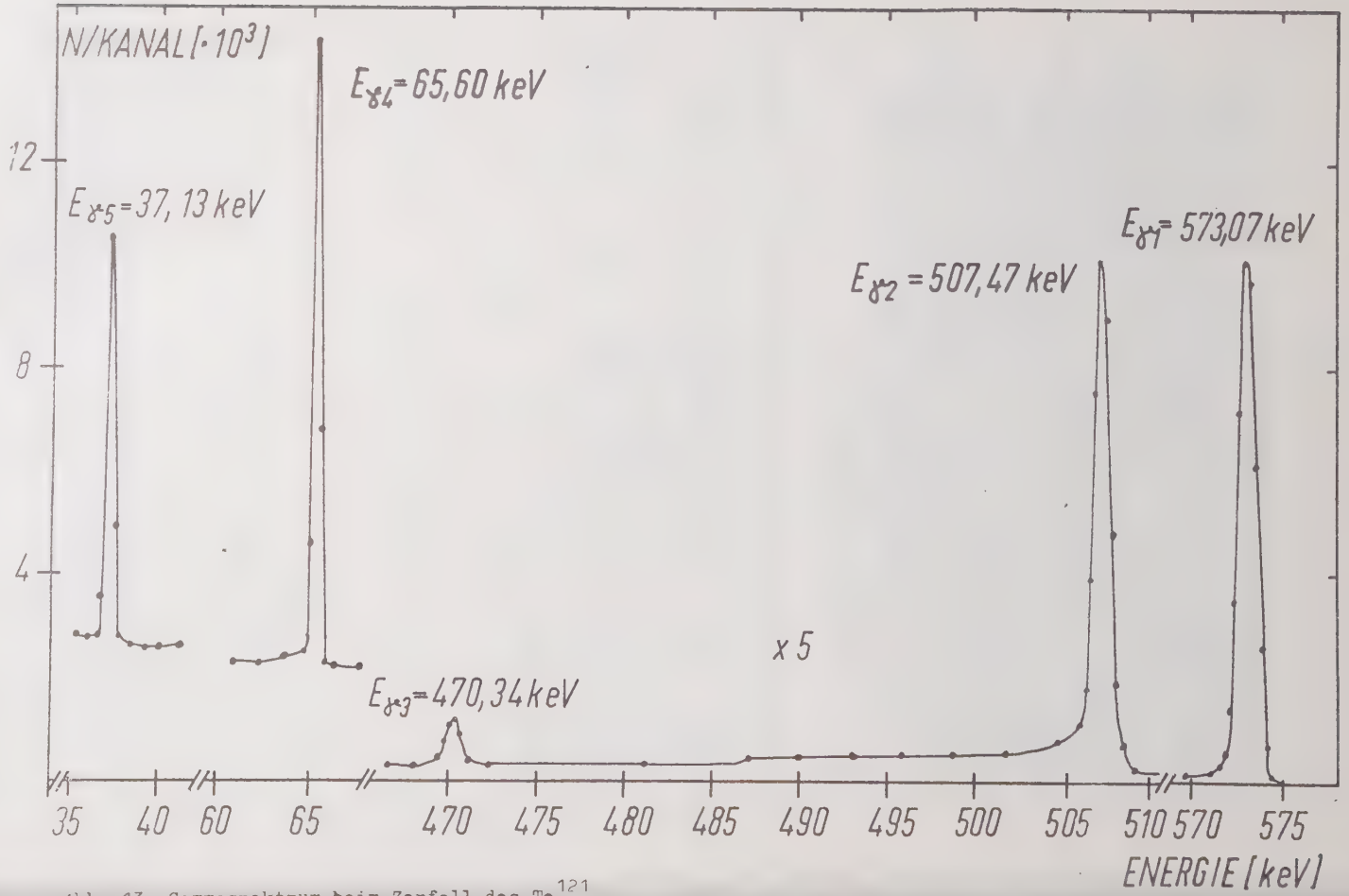

Abb. 13: Gammaspektrum beim Zerfall des Te^{121}

IX. Diskussion der Ergebnisse

In dem Zerfallschema des Te^{121}, das Abb. 14 zeigt, sind die Übergangswahrscheinlichkeiten entsprechend den Meßwerten aus den Tabellen 10 und 11 eingetragen. Zur Bestimmung der Übergangswahrscheinlichkeiten des Übergangs $E_{\gamma 5}$ = 37,13keV wurde der von Snyder (Sn 68) gemessene Konversionskoeffizient benutzt. Das Niveauschema stimmt überein mit den experimentell gewonnenen Niveauschemata von Auble (Au 64) und Conjeaud (Co 68). Der E2 - Charakter des ($1/2^+ \longrightarrow 5/2^+$) Übergangs mit der Energie $E_{\gamma 1}$ = 573,07keV wird durch das hier gemessene K/L+M+N+... - Verhältnis in Tabelle 13 gut bestätigt.

Tabelle 13: K/L+M+N... - Verhältnis des Übergangs $E_{\gamma 1}$ = 573,07keV

	eigene Messung	Rechnungen nach Ha Se 68 und Dr 71	
		E2	M1
K/L+M+N+...	5,68 ± 0,29	5,94	6,59

Die angegebenen Werte für die reinen M1 - und E2 - Übergänge in Tabelle 13 und den folgenden Tabellen 14 - 16 wurden durch Spline - Interpolation der theoretischen Werte aus den Tabellen von Hager und Seltzer (HaSe 68) und Dragoun (Dr 69) berechnet.

Die Konversionskoeffizienten der besonders interessierenden Übergänge sind in den Tabellen 14 - 16 aufgeführt. Sie wurden mit Hilfe der Formel (3) auf Seite 4 berechnet. Da Spins und Paritäten eine M1 - E2 Mischung für den Übergang $E_{\gamma 1}$ = 573,07keV ausschließen, wurde für den K-Konversionskoeffizienten der Wert für einen reinen E2 - Übergang aus den Tabellen von Hager und Seltzer (HaSe 68) entnommen. Er beträgt $\alpha_K(573{,}07\text{keV}) = 4{,}57 \cdot 10^{-3}$.

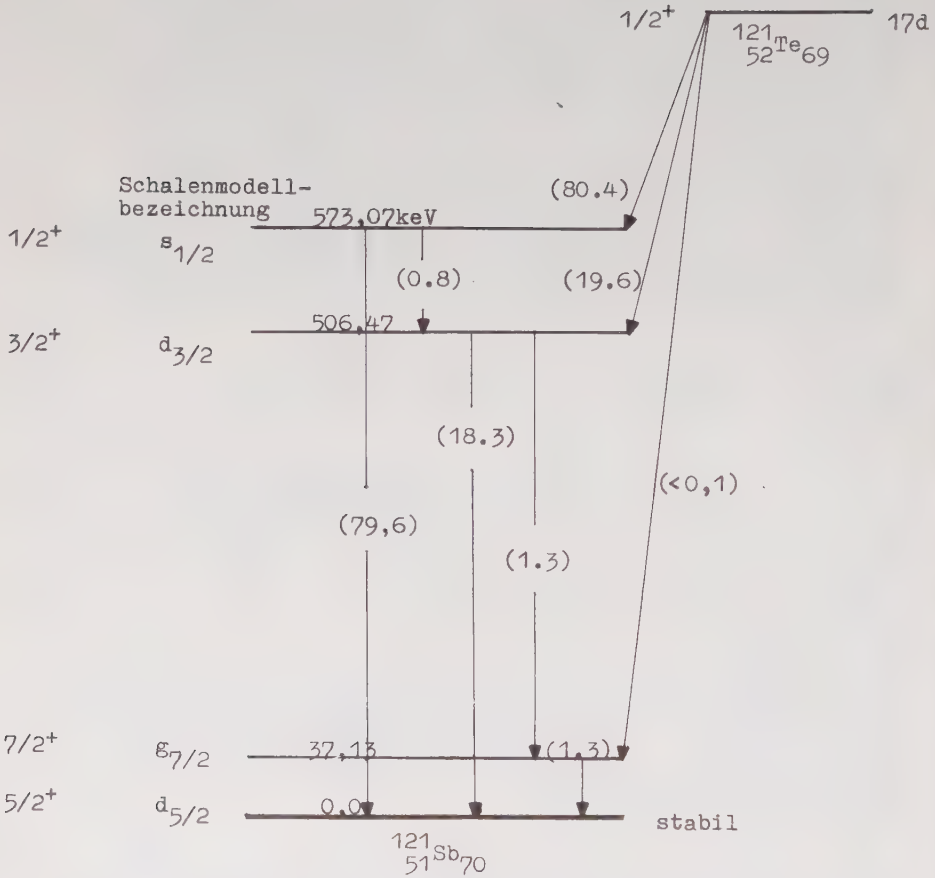

Abb. 14: Zerfallschema des Te^{121} ($T_{1/2}$ = 17d). Die Übergänge pro 100 Zerfälle des Te^{121} sind in Klammern angegeben. Die Energien und Übergangswahrscheinlichkeiten sind nach vorliegender Arbeit berechnet worden.

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse für den ($3/2^+ \longrightarrow 5/2^+$) Übergang der Energie $E_{\gamma 2}$ = 507,47keV aufgeführt. Sowohl der K-Konversionskoeffizient als auch das K/L+M+N+... Verhältnis lassen auf einen M1 - Übergang mit E2 - Beimischung schließen. Aus der Messung des K-Konversionskoeffizienten ergibt sich ein E2/M1 Mischungsverhältnis von

$$\delta^2 = 0{,}5 \pm 0{,}75$$

Dies stimmt mit dem von Metzger (Me 63) angegebenen Wert

$$\delta^2 = 0{,}08 \begin{smallmatrix} + 0{,}06 \\ - 0{,}04 \end{smallmatrix}$$

aus Messungen der Winkelverteilung von Kernresonanzfluoreszenz überein.

Tabelle 14: K-Konversionskoeffizient und K/L+M+N+... Verhältnis des Übergangs $E_{\gamma 2}$ = 507,47keV

	eigene Messung	Messungen von Ch 64	Rechnungen nach Ha Se 68 und Dr 69	
			M1	E2
α_K	$(7{,}0 \pm 0{,}3) \cdot 10^{-3}$	$6{,}6 \cdot 10^{-3}$	$7{,}3 \cdot 10^{-3}$	$6{,}4 \cdot 10^{-3}$
K/L+M+N+...	6,22± 0,41		6,5	5,81

Von dem Übergang ($3/2^+ \longrightarrow 7/2^+$) der Energie $E_{\gamma 3}$ = 470,34keV konnte nur der K-Konversionskoeffizient bestimmt werden, da die L+M+N+...-Konversionslinien nicht genügende Intensität besaßen. Der Fehler von 8% des in Tabelle 15 aufgeführten Wertes ist hauptsächlich auf die Unsicherheit bei der Bestimmung des Untergrunds zurückzuführen. Der Meßwert steht nicht im Widerspruch zu dem von Spins und Paritäten geforderten E2 - Charakter des Übergangs.

Tabelle 15: K-Konversionskoeffizient des Übergangs $E_{\gamma 3}$ = 470,34keV

	eigene Messung	Ch 64	Rechnungen nach Ha Se 68 und Dr 69	
			M1	E2
α_K	$(8{,}22 \pm 0{,}64)\ 10^{-3}$	$8{,}3\ 10^{-3}$	$8{,}78\ 10^{-3}$	$7{,}89\ 10^{-3}$

Im Falle des Übergangs ($1/2^+ \longrightarrow 3/2^+$) der Energie $E_{\gamma 4}$ = 65,58keV konnten die von Chu et al. (Ch 64) gemessenen Werte wesentlich verbessert und der M1 - Charakter des Übergangs bestätigt werden. Da der Fehler der L+M+N+...-Konversionslinien bei der Auswertung sehr viel kleiner als der der K-Konversionslinie ist, wurde in Tabelle 16 nicht das K/L+M+N+... Verhältnis angegeben, sondern der L+M+N+...-Konversionskoeffizient $_{L+M+N+...}$. Das daraus berechnete E2/M1 Mischungsverhältnis von

$$\delta^2 = 0{,}02 \pm 0{,}01$$

ist in guter Übereinstimmung mit dem von Auble et al. (Au 64) aus Gamma - Gamma - Winkelkorrelationsmessung berechneten Wert

$$\delta^2 = 0{,}03 \pm 0{,}01.$$

Tabelle 16: K- und L+M+N+...-Konversionskoeffizienten des Übergangs $E_{\gamma 4}$ = 65,58keV

	eigene Messung	Ch 64	Rechnungen nach Ha Se 68 und Dr 69	
			M1	E2
α_K	$1{,}8 \pm 0{,}3$	1,02	1,81	4,32
L+M+N+...	$0{,}40 \pm 0{,}03$		0,386	3,15

Da das Sb^{121} genau ein Proton außerhalb der abgeschlossenen Schale Z = 50 besitzt, sollte das Schalenmodell eine brauchbare Beschreibung des Kerns liefern. Dies trifft auch für die Spinfolge der niedrig angeregten Zustände zu, wie aus

Abb. 14 zu ersehen ist. Für den Gamma - Übergang ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$) erwartet man im Schalenmodell eine Retardierung, da es sich um einen l - verbotenen Übergang handelt. Im Gegensatz dazu steht die in der vorliegenden Arbeit ausgeführte Neubestimmung der Konversionskoeffizienten. Wäre der Übergang ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$) stark verzögert, könnte man eine Abweichung der Konversionskoeffizienten von den einfachen Modellwerten von Hager und Seltzer (HaSe 68) erwarten, wie sie bei früheren Messungen von Chu et al. (Ch 64) beobachtet wurden. Solche Anomalien sind darauf zurückzuführen, daß die Konversion im Kerninneren, auch "penetration" - Effekt genannt, einen merklichen Beitrag liefert. Die gute Übereinstimmung der in Tabelle 15 Spalte 2 aufgeführten Konversionskoeffizienten mit den Werten von Hager und Seltzer (HaSe 68) läßt darauf schließen, daß der "penetration" - Effekt keinen merklichen Beitrag zur inneren Konversion liefert.

Dies Ergebnis wird durch Kernresonanzfluoreszenzmessungen von Metzger und Langhoff (Me 65) bestätigt. Metzger und Langhoff erhielten für das Verhältnis der gemessenen Übergangswahrscheinlichkeit T(M1) zur Weisskopfabschätzung T_W(M1) den Wert

$$T(M1)/T_W(M1) = 0{,}19;$$

damit ist dieser Übergang mindestens genauso schnell wie der Spin - Flip - Übergang ($d_{3/2^+} \longrightarrow d_{5/2^+}$) mit

$$T(M1)/T_W(M1) = 0{,}09.$$

Die Lebensdauermessungen haben also ergeben, daß er ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$) Übergang nicht retardiert ist. Zusammen mit der Neubestimmung der Konversionskoeffizienten folgt daraus, daß die Zustände $s_{1/2^+}$ und $d_{3/2^+}$ keine reinen Einteilchenzustände sind, für die die l - Auswahlregel streng gilt.

Die beobachteten Eigenschaften der Übergänge im Sb^{121} werden gut durch die theoretischen Berechnungen von VANDEN Berghe (Be 71) beschrieben. Zur Beschreibung des Niveau-

schemas und der Eigenschaften der Übergänge benutzt er eine Kombination aus Schalenmodell und kollektivem Modell ("unified model"), in dem er die Einteilchenzustände mit den Quadrupol- und Oktupolvibrationen des Restkerns, der aus 50 Protonen besteht, koppelt. Danach sind die Niveaus $s_{1/2^+}$ und $d_{3/2^+}$ auf kollektive Anregungen zurückzuführen, die stark von den Einteilchenzuständen abweichen. Dies liefert eine Erklärung für die "Verletzung" der l - Auswahlregel beim Übergang ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$).

X. Zusammenfassung

Mit einem Si(Li)- Elektronenspektrometer und einem hochauflösenden Gammaspektrometer wurde der Zerfall des im Göttinger Synchrozyklotron hergestellten Te^{121} - Kerns untersucht. Die Nachweiswahrscheinlichkeit des zu diesem Zwecke gebauten Si(Li)- Elektronenspektrometers erwies sich im Energiebereich von 24,5 - 553keV als konstant.

Die gemessenen Spektren der emittierten Konversionselektronen und Gammastrahlen wurden hinsichtlich der relativen Intensität ausgewertet. Unter Verwendung des theoretischen Konversionskoeffizienten für den E2 - Übergang E_γ = 573,07keV konnten die Konversionskoeffizienten der beim Te^{121} - Zerfalls auftretenden Übergänge im Sb^{121} bestimmt werden. Für die Übergänge E_γ = 507,47keV und E_γ = 470,34keV ergaben sich die K - Konversionskoeffizienten

$$\alpha_K(507{,}47\text{keV}) = (7{,}0 \pm 0{,}3)\ 10^{-3}$$
$$\alpha_K(470{,}34\text{keV}) = (8{,}22 \pm 0{,}64)\ 10^{-3}$$

Für den besonders interessierenden Übergang ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$) mit E_γ = 65,6keV ergaben sich die Konversionskoeffizienten

$$\alpha_K(65{,}6\text{keV}) = 1{,}8 \pm 0{,}3$$
$$\alpha_{L+M+N+\ldots}(65{,}6\text{keV}) = 0{,}40 \pm 0{,}03$$

Eine Anomalie des K - Konversionskoeffizienten konnte im Gegensatz zu den früheren Messungen von Chu et al. (Ch 64) nicht beobachtet werden. Berücksichtigt man noch die Lebensdauermessungen von Metzger und Langhoff (Me 63), dann liefert das einfache Einteilchen - Schalenmodell keine Erklärung für das beobachtete Verhalten des Übergangs ($s_{1/2^+} \longrightarrow d_{3/2^+}$). Rechnungen, denen eine Kombination von Schalenmodell und kollektivem Modell zugrunde liegt, stimmen gut mit den beobachteten Eigenschaften des Sb^{121} - Kerns überein.

XI. Literaturverzeichnis

Au 64 R.L. Auble, W.H. Kelly, H.H. Bolotin
Nucl. Phys. 58 337 (1964)

Av 73 F.T. Avignone III
Nucl. Instr. Meth. 116 521 (1974)

Be 69 P.R. Bevington
Data Reduction And Error Analysis in Physical Science, Mac Graw - Hill Book Company, New York (1969)

Be 71 G. VANDEN Berghe, K. Heyde
Nucl. Phys. A163 478 (1971)

Bo 70 F.W.N. de Boer, E.W.A. Lingemann, R. van Lieshout, R.A. Ricci
Nucl. Phys. A158 166 (1970)

Ch 64 Y.Y. Chu, O.C. Kistner, A.A. Li, S. Monaro
Phys. Rev. 133 6B 1361 (1964)

Co 68 M. Conjeaud, S. Harar, Y. Cassagnou
Nucl. Phys. A117 449 (1968)

Dr 71 O. Dragoun, Z. Planjer, F. Schmutzler
Nuclear Data A9 119 (1971)

Du 64 G. Dupony, F. Perrier, P. Verdier, F. Arnal
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 258 3655 (1964)

Du 65 G. Dupony, F. Perrier, P. Verdier, F. Arnal
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 260 6055 (1965)

Fl 39 A. Flammersfeld
Z. Phys. 114 227 (1969)

Gf 68 D. Gföller und H. Langhoff
Z. Phys. 211 317 (1969)

Ha 72 J.H. Hamilton, J.C. Manthuruthil
in Radioactivity in Nuclear Spectroscopy 753
Gordon and Breach, New York (1972)

Ha Se 68 R.S. Hager, E.C. Seltzer
Nuclear Data A4 (1968)

He 67 H.J. Hennecke, J.C. Manthuruthil, O. Bergman, C.R. Cothem
Phys. Rev. 159 955 (1967)

Ja 74 L.J. Jardine, C.M. Lederer
Nucl. Instr. Meth. 120 515 (1974)

Ki 63 L.S. Kisslinger und R.A. Sorensen
Rev. Mod. Phys. 35 853 (1963)

Ki 73 H. Kirschner
Nucl. Instr. Meth. 112 555 (1973)

Ko 73 L. Kotka
Nucl. Instr. Meth. 112 245 (1973)

La 44 L. Landau
J. Phy. USSR 8 201 (1944)

Le 68 C.M. Lederer, J.M. Hollander, I. Perlman
Tables of Isotopes, 6. Auflage, N.-Y.-London-Sidney (1968)

Le 73 J. Legrand
Nucl. Instr. Meth. 112 229 (1973)

Ma 68 A. Marelius, H. Petterson, S. Törnkvist, S.-E. Häggland, R. Dumitreson
Ark. Fys. 37 435 (1968)

Me 63 F.R. Metzger, H. Langhoff
Phys. Rev. 132 1753 ;963)

Na 70 C. Narashima Rao, M.B. Rao, K.V. Ramanaiah, K.V. Reddy
Proc. Nucl. Phys. and Solid Atate Phys. Symp. Vo. II 327 Bombay (1970)

Nd 71 Nuclear Data B6 (1971)

Pa 70 Th. Paradellis, S. Hontzeas
Can. Journ. of Phys. 48 2252 (1970)

Sch 75 G. Schilling - Schön
Dissertation Göttingen (1975)

Herrn Prof. Dr. M. Schumacher danke ich für die Stellung des Themas, für ständige Unterstützung und für viele wertvolle Ratschläge sehr herzlich.

Herrn Prof. Dr. A. Flammersfeld danke ich für die wohlwollende Unterstützung meiner Arbeit.

Lebenslauf

Ich wurde am 6.11.1948 in Jarmen/Kreis Demmin als zweites Kind des Angestellten Josef Juraschek und seiner Ehefrau Margarete, geb. Person, geboren. 1954 flüchteten wir in die Bundesrepublik.

Von 1955 bis 1959 besuchte ich die Volksschule in Heddesheim, anschließend das Albertus-Magnus-Gymnasium in Viernheim. Die Reifeprüfung legte ich 1967 ab. Meine Wehrpflicht leistete ich vom 1.7.1967 bis zum 1.9.1968 ab.

Im Wintersemester 1968 begann ich mit dem Studium der Physik und Mathematik an der Georg-August-Universität in Göttingen. Hier legte ich im Wintersemester 1970 das Vorexamen in Physik und Mathematik ab. Im Sommersemester 1972 begann ich am II. Physikalischen Institut der Universität Göttingen unter Anleitung von Herrn Professor A. Flammersfeld mit der Anfertigung meiner Staatsexamensarbeit mit dem Thema
"Mößbaereffekt in Eisen als Praktikumsversuch".
Das erste Staatsexamen legte ich am 5.12.1973 ab.

Am 7.12.1973 habe ich geheiratet. Seit dem 1.7.1975 bin ich als wissenschaftlicher Angestellter am II. Physikalischen Institut tätig.